

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 4 月 21 日 (21.04.2005)

PCT

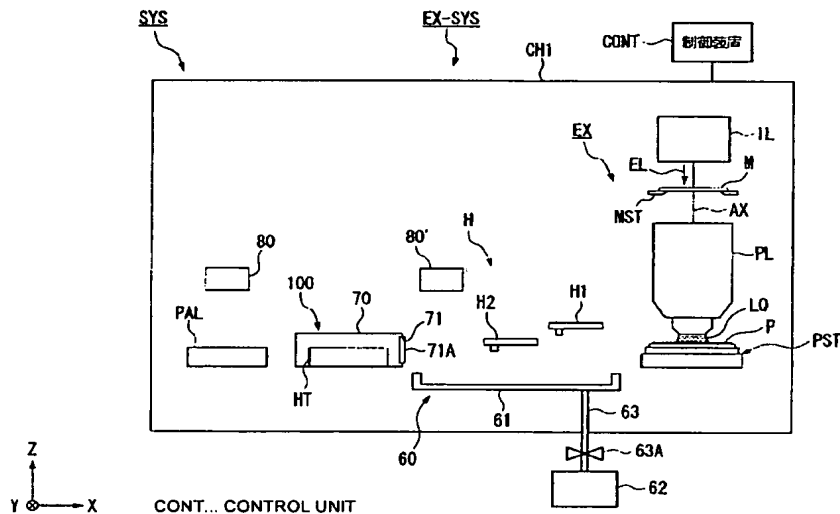
(10) 国際公開番号
WO 2005/036621 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 21/027, G03F 7/20 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/014855 (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 太田 篤 (OHTA, Atsushi) [JP/JP]; 〒9890701 宮城県刈田郡蔵王町宮宇新大除 2 0 番地 株式会社蔵王ニコン内 Miyagi (JP). 堀内 貴史 (HORIUCHI, Takashi) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
(22) 国際出願日: 2004 年 10 月 7 日 (07.10.2004)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願2003-349550 2003 年 10 月 8 日 (08.10.2003) JP (74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA, Masatake et al.); 〒1048453 東京都中央区八重洲 2 丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 蔵王ニコン (ZAO NIKON CO., LTD.) [JP/JP]; 〒9890701 宮城県刈田郡蔵王町宮宇新大除 2 0 番地 Miyagi (JP). 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP). (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,

[続葉有]

(54) Title: SUBSTRATE CARRYING APPARATUS, SUBSTRATE CARRYING METHOD, EXPOSURE APPARATUS, EXPOSURE METHOD, AND METHOD FOR PRODUCING DEVICE

(54) 発明の名称: 基板搬送装置及び基板搬送方法、露光装置及び露光方法、デバイス製造方法



(57) Abstract: A substrate carrying apparatus for conveying a substrate which is exposed using a pattern image through a projection optical system and a liquid is characterized by comprising a liquid sensor for sensing the liquid adhered to the substrate. A substrate carrying method for conveying a substrate which is exposed using a pattern image through a projection optical system and a liquid is characterized by sensing the liquid adhered to the substrate along the conveying route of the substrate.

(57) 要約: 投影光学系と液体とを介したパターンの像によって露光された基板を搬送する基板搬送装置は、基板に付着した液体を検出する液体検出器を備えたことを特徴とする。投影光学系と液体と

[続葉有]

WO 2005/036621 A1



LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

基板搬送装置及び基板搬送方法、露光装置及び露光方法、デバイス製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、液浸法により露光された基板を搬送する基板搬送装置及び基板搬送方法、露光装置及び露光方法、デバイス製造方法に関するものである。

本願は、2003年10月8日に出願された特願2003-349550号に対し優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する、いわゆるフォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短くなるほど、また投影光学系の開口数が多いほど高くなる。そのため、露光装置で使用する露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長は、KrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度(DOF)も重要となる。解像度R、及び焦点深度 δ はそれぞれ以下の式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \cdots (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \cdots (2)$$

ここで、 λ は露光波長、NAは投影光学系の開口数、 k_1 、 k_2 はプロセス係数である。(1)式、(2)式より、解像度Rを高めるために、露光波長 λ を短くして、開口数NAを大きくすると、焦点深度 δ が狭くなることが分かる。

- [0003] 焦点深度 δ が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のフォーカスマージンが不足する恐れがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば下記特許文献1に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たし、液体中での露光光の波長が、空気中の $1/n$ (n は液体の屈折率で通常 1.2～1.6 程度) になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約 n 倍に拡大するというものである。

特許文献1: 国際公開第99/49504号パンフレット

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0004] ところで、液浸露光後の基板上に液体が残留していると、種々の不都合が発生する可能性がある。例えば液体が付着した状態のまま基板を現像処理すると現像むらを引き起こしたり、残留していた液体が気化した後に基板上に残存する付着跡(所謂ウォーターマーク)によって現像むらを引き起こす。このように液浸露光後の基板上に残留する液体を放置しておくでデバイスの欠陥を招くが、このような欠陥は最終的なデバイスになってから不良品として発見することになり、デバイス生産性の低下を招く恐れがある。

- [0005] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、液浸露光された基板上に残留する液体に起因するデバイスの劣化を防止できる基板搬送装置及び基板搬送方法、露光装置及び露光方法、デバイス製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0006] 上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す図1～図10に対応付けた以下の構成を採用している。

本発明の基板搬送装置(H)は、投影光学系(PL)と液体(LQ)とを介したパターンの像によって露光された基板(P)を搬送する基板搬送装置において、基板(P)に付着した液体(LQ)を検出する液体検出器(80、90)を備えたことを特徴とする。

また本発明の基板搬送方法は、投影光学系(PL)と液体(LQ)とを介したパターンの像によって露光された基板(P)を搬送する基板搬送方法において、基板(P)の搬

送経路の途中で、基板(P)に付着した液体(LQ)を検出することを特徴とする。

[0007] 本発明によれば、液浸露光後の基板を搬送するときに、基板に付着した液体を検出することができる。そして、その検出結果に基づいて、例えば基板に液体が付着している場合には液体除去を行った後、その基板を現像処理等の露光後のプロセス処理に送ることができる。したがって、その露光後のプロセス処理では液体の影響を受けずに所望の性能を有するデバイスを製造することができる。また、基板に液体が付着していないと検出された場合には液体除去を省略することができ、作業効率を向上できる。また、液体除去を行った後に再度基板上の液体検出を行うことで、液体除去が良好に行われたかどうかを検出することができる。このように、液体検出器の検出結果に基づいて、高いデバイス生産性を維持するための適切な処置を施すことができる。

[0008] 本発明の露光装置(EX-SYS、EX)は、基板ステージ(PST)に保持された基板(P)に、投影光学系(PL)と液体(LQ)とを介してパターンの像を投影して、基板(P)を露光する露光装置において、上記記載の基板搬送装置(H)を用いて、基板ステージ(PST)から基板(P)を搬送することを特徴とする。

また本発明の露光方法は、基板ステージ(PST)に保持された基板(P)に、投影光学系(PL)と液体(LQ)とを介してパターンの像を投影して、基板(P)を露光する露光方法において、上記記載の基板搬送方法を用いて、基板ステージ(PST)から基板(P)を搬送する工程を有することを特徴とする。

また本発明のデバイス製造方法は、上記記載の露光方法を用いることを特徴とする。

[0009] 本発明によれば、液体検出器の検出結果に基づいて高いデバイス生産性を維持するための適切な処置を施すことができ、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、液体検出器の検出結果に基づいて高いデバイス生産性を維持するための適切な処置を施すことができ、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]本発明の露光装置としてのデバイス製造システムの一実施形態を示す概略構成図である。
- [図2]図1を上方から見た図である。
- [図3]露光処理を行う露光装置本体の一実施形態を示す概略構成図である。
- [図4]供給ノズル及び回収ノズルの配置例を示す図である。
- [図5]液体除去システムの一実施形態を示す概略構成図である。
- [図6]本発明の露光方法の一実施形態を示すフローチャート図である。
- [図7]本発明に係る液体検出器の別の実施形態を示す側面図である。
- [図8]図7の平面図である。
- [図9A]基板上に液体検出用の検出光が照射されている様子を示す図である。
- [図9B]基板上に液体検出用の検出光が照射されている様子を示す図である。
- [図10]半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

符号の説明

- [0012] 80、80'…液体検出器(撮像装置)、90…液体検出器、91…照射系(照射部)、92…受光系(受光部)、CONT…制御装置(判定装置)、EX…露光装置本体、EX-SYS…露光装置、H…搬送システム、LQ…液体、P…基板、PL…投影光学系、PST…基板ステージ

発明を実施するための最良の形態

- [0013] 以下、本発明の基板搬送装置及び露光装置について図面を参照しながら説明する。図1は本発明の露光装置を備えたデバイス製造システムの一実施形態を示す図であって側方から見た概略構成図、図2は図1を上方から見た図である。
- [0014] 図1、図2において、デバイス製造システムSYSは、露光装置EX-SYSと、コータ・デベロッパ装置C/D-SYS(図2参照)とを備えている。露光装置EX-SYSは、コータ・デベロッパ装置C/D-SYSとの接続部を形成するインターフェース部IF(図2参照)と、投影光学系PLと基板Pとの間を液体LQで満たし、投影光学系PLと液体LQとを介して、マスクに形成されたパターンを基板P上に投影して基板Pを露光する露光装置本体EXと、インターフェース部IFと露光装置本体EXとの間で基板Pを搬送

する搬送システムHと、搬送システムHの搬送経路の途中に設けられ、基板Pの表面に付着した液体LQを除去する液体除去システム100と、搬送システムHの搬送経路の途中に設けられ、基板Pに付着した液体LQを検出する液体検出器を構成する撮像装置80と、露光装置EX-SYS全体の動作を統括制御する制御装置CONTとを備えている。コータ・デベロッパ装置C/D-SYSは、露光処理される前の基板Pの基材に対してフォトリソ(感光剤)を塗布する塗布装置Cと、露光装置本体EXにおいて露光処理された後の基板Pを現像処理する現像装置(処理装置)Dとを備えている。露光装置本体EXはクリーン度が管理された第1チャンバ装置CH1内部に配置されている。一方、塗布装置C及び現像装置Dは第1チャンバ装置CH1とは別の第2チャンバ装置CH2内部に配置されている。そして、露光装置本体EXを収容する第1チャンバ装置CH1と、塗布装置C及び現像装置Dを収容する第2チャンバ装置CH2とは、インターフェース部IFを介して接続されている。ここで、以下の説明において、第2チャンバ装置CH2内部に収容されている塗布装置C及び現像装置Dを合わせて「コータ・デベロッパ本体C/D」と適宜称する。

[0015] 図1に示すように、露光装置本体EXは、露光光ELでマスクステージMSTに支持されているマスクMを照明する照明光学系ILと、露光光ELで照明されたマスクMのパターンの像を基板P上に投影する投影光学系PLと、基板Pを支持する基板ステージPSTとを備えている。また、本実施形態における露光装置本体EXは、マスクMと基板Pとを走査方向における互いに異なる向き(逆方向)に同期移動しつつマスクMに形成されたパターンを基板Pに露光する走査型露光装置(所謂スキャニングステッパ)である。以下の説明において、水平面内においてマスクMと基板Pとの同期移動方向(走査方向)をX軸方向、水平面内においてX軸方向と直交する方向をY軸方向(非走査方向)、X軸及びY軸方向に垂直で投影光学系PLの光軸AXと一致する方向をZ軸方向とする。また、X軸、Y軸、及びZ軸まわりの回転(傾斜)方向をそれぞれ、 θX 、 θY 、及び θZ 方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエハ上にレジストを塗布したものを含み、「マスク」は基板上に縮小投影されるデバイスパターンが形成されたレチクルを含む。

[0016] 搬送システムHは、露光処理される前の基板Pを基板ステージPSTに搬入(ロード)

する第1アーム部材H1と、露光処理された後の基板Pを基板ステージPSTから搬出(アンロード)する第2アーム部材H2とを備えている。塗布装置Cから搬送された露光処理前の基板Pはインターフェース部IFを介して第3アーム部材H3に渡される。第3アーム部材H3は、基板Pをプリアライメント部PALに渡す。プリアライメント部PALは、基板ステージPSTに対して基板Pの大まかな位置合わせを行う。撮像装置80はプリアライメント部PALの上方に設けられており、プリアライメント部PALは撮像装置80の撮像領域(撮像視野)内に配置される。また、撮像装置80'は、基板ステージPSTと保持テーブルHTとの間における露光処理後の基板Pの搬送経路の上方に設けられる。プリアライメント部PALで位置合わせされた基板Pは第1アーム部材H1によって基板ステージPSTにロードされる。露光処理を終えた基板Pは第2アーム部材H2によって基板ステージPSTよりアンロードされる。第2アーム部材H2は露光処理後の基板Pを、その基板Pの搬送経路の途中に設けられた保持テーブルHTに渡す。保持テーブルHTは、液体除去システム100の一部を構成するものであって、渡された基板Pを一時保持する。保持テーブルHTはカバー部材70内部に配置されており、カバー部材70には、搬送される基板Pを通過させるための開口部71、72が設けられている。開口部71、72にはシャッタ部71A、72Aが設けられており、開口部71、72を開閉する。保持テーブルHTは基板Pを保持して回転可能であって、その保持テーブルHTの回転によって向きを変えられた基板Pは、第4アーム部材H4に保持され、インターフェース部IFまで搬送される。インターフェース部IFに搬送された基板Pは現像装置Dに渡される。現像装置Dは渡された基板Pに対して現像処理を施す。

[0017] そして、第1〜第4アーム部材H1〜H4、プリアライメント部PAL、撮像装置80、及び保持テーブルHTも第1チャンバ装置CH1内部に配置されている。ここで、第1、第2チャンバ装置CH1、CH2それぞれのインターフェース部IFと対面する部分には開口部及びこの開口部を開閉するシャッタが設けられている。基板Pのインターフェース部IFに対する搬送動作中にはシャッタが開放される。

[0018] 撮像装置80は、プリアライメント部PALに保持された基板Pの表面を撮像するものである。撮像装置80の撮像結果は制御装置CONTに出力され、制御装置CONTは撮像装置80の撮像結果に基づいて基板Pの表面情報を求める。

- [0019] 撮像装置80'は、保持テーブルHTに搬送される前に、露光処理後の基板Pの表面を撮像するものである。撮像装置80'の撮像結果は制御装置CONTに出力され、制御装置CONTは撮像装置80'の撮像結果に基づいて基板Pの表面情報を求める。
- [0020] 第1アーム部材H1は露光処理される前の液体LQが付着していない基板Pを保持して基板ステージPSTにロードする。一方、第2アーム部材H2は液浸露光処理された後の液体LQが付着している可能性のある基板Pを保持して基板ステージPSTよりアンロードする。このように、液体LQが付着していない基板Pを搬送する第1アーム部材H1と、液体LQが付着している可能性のある基板Pを搬送する第2アーム部材H2とを使い分けているので、第1アーム部材H1には液体LQが付着することなく、基板ステージPSTにロードされる基板Pの裏面などへの液体LQの付着を防止することができる。したがって、基板ステージPSTの基板ホルダが基板Pを真空吸着保持する構成であっても、基板ホルダの吸着穴を介して真空ポンプなどの真空系に液体LQが浸入する不都合の発生を防止することができる。図1に示すように、第2アーム部材H2の搬送経路は、第1アーム部材H1の搬送経路の下方に設けられているため、基板Pの表面や裏面に付着した液体LQが、第1アーム部材H1が保持する露光前の基板Pに付着する可能性が少ない。
- [0021] 図3は、露光装置本体EXの概略構成図である。照明光学系ILは、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明するものであり、露光用光源、露光用光源から射出された光束の照度を均一化するオブティカルインテグレータ、オブティカルインテグレータからの露光光ELを集光するコンデンサレンズ、リレーレンズ系、露光光ELによるマスクM上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等を有している。マスクM上の所定の照明領域は照明光学系ILにより均一な照度分布の露光光ELで照明される。照明光学系ILから射出される露光光ELとしては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線(g線、h線、i線)及びKrFエキシマレーザ光(波長248nm)等の遠紫外光(DUV光)や、ArFエキシマレーザ光(波長193nm)及びF₂レーザ光(波長157nm)等の真空紫外光(VUV光)などが用いられる。本実施形態では、ArFエキシマレーザ光を用いた場合を例に挙げて説明する。

- [0022] マスクステージMSTは、マスクMを支持するものであって、投影光学系PLの光軸AXに垂直な平面内、すなわちXY平面内で2次元移動可能及び θ Z方向に微小回転可能である。マスクステージMSTはリニアモータ等のマスクステージ駆動装置MSTDにより駆動される。マスクステージ駆動装置MSTDは制御装置CONTにより制御される。マスクステージMST上には移動鏡56が設けられ、移動鏡56に対向する位置にはレーザ干渉計57が設けられている。マスクMを保持したマスクステージMSTの2次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTはレーザ干渉計の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置MSTDを駆動することでマスクステージMSTに支持されているマスクMの位置決めを行う。
- [0023] 投影光学系PLは、マスクMのパターンを所定の投影倍率 β で基板Pに投影するものであって、複数の光学素子(レンズやミラー)で構成されており、これら光学素子は鏡筒PK内に收容されている。本実施形態において、投影光学系PLは、投影倍率 β が例えば $1/4$ あるいは $1/5$ の縮小系である。なお、投影光学系PLは等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、本実施形態の投影光学系PLの先端側(基板P側)には、光学素子(レンズ)2が鏡筒PKより露出している。この光学素子2は鏡筒PKに対して着脱(交換)可能に設けられている。
- [0024] 光学素子2は蛍石で形成されている。蛍石は純水との親和性が高いので、光学素子2の先端面(液体接触面)2aのほぼ全面に液体LQを密着させることができる。すなわち、本実施形態においては光学素子2の液体接触面2aとの親和性が高い液体(水)LQを供給するようにしているので、光学素子2の液体接触面2aと液体LQとの密着性が高い。なお、光学素子2は水との親和性が高い石英であってもよい。また光学素子2の液体接触面2aに親水化(親液化)処理を施して、液体LQとの親和性をより高めるようにしてもよい。
- [0025] 基板ステージPSTは、基板Pを支持するものであって、基板Pを基板ホルダを介して保持するZステージ51と、Zステージ51を支持するXYステージ52と、XYステージ52を支持するベース53とを備えている。基板ステージPSTはリニアモータ等の基板ステージ駆動装置PSTDにより駆動される。基板ステージ駆動装置PSTDは制御装

置CONTにより制御される。Zステージ51を駆動することにより、Zステージ51に保持されている基板PのZ軸方向における位置(フォーカス位置)、及び θX 、 θY 方向における位置が制御される。また、XYステージ52を駆動することにより、基板PのXY方向における位置(投影光学系PLの像面と実質的に平行な方向の位置)が制御される。すなわち、Zステージ51は、基板Pのフォーカス位置及び傾斜角を制御して基板Pの表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系PLの像面に合わせ込み、XYステージ52は基板PのX軸方向及びY軸方向における位置決めを行う。なお、ZステージとXYステージとを一体的に設けてよいことは言うまでもない。

[0026] 基板ステージPST(Zステージ51)上には移動鏡54が設けられている。また、移動鏡54に対向する位置にはレーザ干渉計55が設けられている。基板ステージPST上の基板Pの2次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計55によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTはレーザ干渉計55の計測結果に基づいて基板ステージ駆動装置PSTDを駆動することで基板ステージPSTに支持されている基板Pの位置決めを行う。

[0027] 本実施形態では、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに、焦点深度を実質的に広くするために、液浸法を適用する。そのため、少なくともマスクMのパターンの像を基板P上に転写している間は、基板Pの表面と投影光学系PLの光学素子2の先端面2aとの間に所定の液体LQが満たされる。上述したように、投影光学系PLの先端側には光学素子2が露出しており、液体LQは光学素子2のみに接触するように構成されている。これにより、金属からなる鏡筒PKの腐蝕等が防止されている。本実施形態において、液体LQには純水が用いられる。純水は、ArFエキシマレーザ光のみならず、露光光ELを例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線(g線、h線、i線)及びKrFエキシマレーザ光(波長248nm)等の遠紫外光(DUV光)とした場合にも、この露光光ELを透過可能である。

[0028] 露光装置本体EXは、投影光学系PLの光学素子2の先端面2aと基板Pとの間に液体LQを供給する液体供給機構10と、基板P上の液体LQを回収する液体回収機構20とを備えている。液体供給機構10は、基板P上に液浸領域AR2を形成するために所定の液体LQを供給するものであって、液体LQを送出可能な液体供給装置11

と、液体供給装置11に供給管12を介して接続され、この液体供給装置11から送出された液体LQを基板P上に供給する供給口を有する供給ノズル13とを備えている。供給ノズル13は基板Pの表面に近接して配置されている。

[0029] 液体供給装置11は、液体LQを収容するタンク、及び加圧ポンプ等を備えており、供給管12及び供給ノズル13を介して基板P上に液体LQを供給する。また、液体供給装置11の液体供給動作は制御装置CONTにより制御され、制御装置CONTは液体供給装置11による基板P上に対する単位時間あたりの液体供給量を制御可能である。また、液体供給装置11は液体LQの温度調整機構を有しており、装置が収容されるチャンバ内の温度とほぼ同じ温度(例えば23℃)の液体LQを基板P上に供給するようになっている。

[0030] 液体回収機構20は基板P上の液体LQを回収するものであって、基板Pの表面に接触することなく、近接して配置された回収ノズル23と、この回収ノズル23に回収管22を介して接続された液体回収装置21とを備えている。液体回収装置21は例えば真空ポンプ等の真空系(吸引装置)及び回収した液体LQを収容するタンク等を備えており、基板P上の液体LQを回収ノズル23及び回収管22を介して回収する。液体回収装置21の液体回収動作は制御装置CONTにより制御され、制御装置CONTは液体回収装置21による単位時間あたりの液体回収量を制御可能である。

[0031] 走査露光時には、投影光学系PLの先端の光学素子2の直下の投影領域AR1にマスクMの一部のパターン像が投影され、投影光学系PLに対して、マスクMが-X方向(又は+X方向)に速度Vで移動するのに同期して、XYステージ52を介して基板Pが+X方向(又は-X方向)に速度 $\beta \cdot V$ (β は投影倍率)で移動する。そして、1つのショット領域への露光終了後に、基板Pのステッピングによって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で各ショット領域に対する露光処理が順次行われる。本実施形態では、基板Pの移動方向に沿って液体LQを流すように設定されている。

[0032] 図4は、投影光学系PLの投影領域AR1と、液体LQをX軸方向に供給する供給ノズル13(13A〜13C)と、液体LQを回収する回収ノズル23(23A、23B)との位置関係を示す図である。図4において、投影光学系PLの投影領域AR1の形状はY軸方

向に細長い矩形状となっており、その投影領域AR1をX軸方向に挟むように、+X方向側に3つの供給ノズル13A〜13Cが配置され、−X方向側に2つの回収ノズル23A、23Bが配置されている。そして、供給ノズル13A〜13Cは供給管12を介して液体供給装置11に接続され、回収ノズル23A、23Bは回収管22を介して液体回収装置21に接続されている。また、供給ノズル13A〜13Cと回収ノズル23A、23Bとをほぼ180°回転した位置関係で、供給ノズル15A〜15Cと、回収ノズル25A、25Bとが配置されている。供給ノズル13A〜13Cと回収ノズル25A、25BとはY軸方向に交互に配列され、供給ノズル15A〜15Cと回収ノズル23A、23BとはY軸方向に交互に配列され、供給ノズル15A〜15Cは供給管14を介して液体供給装置11に接続され、回収ノズル25A、25Bは回収管24を介して液体回収装置21に接続されている。

[0033] そして、矢印Xaで示す走査方向(−X方向)に基板Pを移動させて走査露光を行う場合には、供給管12、供給ノズル13A〜13C、回収管22、及び回収ノズル23A、23Bを用いて、液体供給装置11及び液体回収装置21により液体LQの供給及び回収が行われる。すなわち、基板Pが−X方向に移動する際には、供給管12及び供給ノズル13(13A〜13C)を介して液体供給装置11から液体LQが基板P上に供給されるとともに、回収ノズル23(23A、23B)及び回収管22を介して液体LQが液体回収装置21に回収され、投影光学系PLと基板Pとの間を満たすように−X方向に液体LQが流れる。一方、矢印Xbで示す走査方向(+X方向)に基板Pを移動させて走査露光を行う場合には、供給管14、供給ノズル15A〜15C、回収管24、及び回収ノズル25A、25Bを用いて、液体供給装置11及び液体回収装置21により液体LQの供給及び回収が行われる。すなわち、基板Pが+X方向に移動する際には、供給管14及び供給ノズル15(15A〜15C)を介して液体供給装置11から液体LQが基板P上に供給されるとともに、回収ノズル25(25A、25B)及び回収管24を介して液体LQが液体回収装置21に回収され、投影光学系PLと基板Pとの間を満たすように+X方向に液体LQが流れる。このように、制御装置CONTは、液体供給装置11及び液体回収装置21を用いて、基板Pの移動方向に沿って基板Pの移動方向と同一方向へ液体LQを流す。この場合、例えば液体供給装置11から供給ノズル13を介して供給

される液体LQは基板Pの-X方向への移動に伴って投影光学系PLと基板Pとの間に引き込まれるようにして流れるので、液体供給装置11の供給エネルギーが小さくても液体LQを投影光学系PLと基板Pとの間に容易に供給できる。そして、走査方向に応じて液体LQを流す方向を切り替えることにより、+X方向、又は-X方向のどちらの方向に基板Pを走査する場合にも、投影光学系PLと基板Pとの間を液体LQで満たすことができ、高い解像度及び広い焦点深度を得ることができる。

[0034] 図5は、液体除去システム100を示す図である。液浸露光後の基板Pを保持した第2アーム部材H2は、保持テーブルHTを収容したカバー部材70の内部に開口部71より進入する。このとき制御装置CONTはシャッタ部71Aを駆動して開口部71を開放している。一方、開口部72はシャッタ部72Aにより閉じられている。そして、保持テーブルHTに基板Pを渡す前に、不図示の吹付ノズルが基板Pの裏面に気体を吹き付けて、その基板Pの裏面に付着している液体を除去する。次いで、第2アーム部材H2は基板Pを保持テーブルHTに渡す。保持テーブルHTは渡された基板Pを真空吸着保持する。

[0035] カバー部材70内部には、液体除去システム100の一部を構成する吹付ノズル103が配置されており、吹付ノズル103には流路105を介して気体供給系104が接続されている。流路105には、基板Pに対して吹き付ける気体中の異物(ゴミやオイルミスト)を除去するフィルタが設けられている。そして、気体供給系104が駆動することにより、流路105を介して吹付ノズル103より所定の気体が基板Pの表面に吹き付けられ、基板Pの表面に付着している液体LQは吹き付けられた気体によって飛ばされて除去される。

[0036] カバー部材70には、液体回収部80が回収管81を介して接続されている。回収管81にはその回収管81の流路を開閉するバルブ82が設けられている。基板Pから飛ばされた液体LQはカバー部材70に接続されている液体回収部80により回収される。液体回収部80はカバー部材70内部の気体を飛散した液体LQとともに吸引することで、基板Pから飛ばされた液体LQを回収する。ここで、液体回収部80は、カバー部材70内部の気体及び飛散した液体LQの吸引動作を継続的に行う。これにより、カバー部材70の内壁や底などカバー部材70内部に液体LQが留まらないので、カ

カバー部材70内部の湿度が大きく変動することはない。また、シャッタ部71A、72Aが開放されたときにも、カバー部材70内の湿った気体がカバー部材70の外へ流れ出ることもない。

[0037] なお、本実施形態において、液体除去システム100は基板Pに対して気体を吹き付けることで液体LQを除去するが、例えば基板Pに付着している液体LQを吸引したり、乾燥気体(ドライエア)を供給することで液体LQを乾燥したり、基板Pを回転して付着している液体LQを飛ばすことによっても、基板Pに付着した液体LQを除去することができる。あるいは基板Pに吸湿材を当てて付着している液体LQを吸湿することによっても除去することができる。

[0038] 次に、上述した露光装置本体EX及び搬送システムHの動作について図6のフローチャート図を参照しながら説明する。

塗布装置Cから露光前の基板Pが第3アーム部材H3によってプリアライメント部PALに渡される。プリアライメント部PALは露光前の基板Pの大まかな位置合わせを行う。次いで、撮像装置80が位置合わせをされた露光前の基板Pの表面を撮像する。こうして、露光前の基板Pの表面に関する第1情報(撮像情報)が取得される(ステップS1)。取得された基板Pの表面に関する第1情報は制御装置CONTに記憶される。

[0039] 次いで、プリアライメント部PALで位置合わせされた基板Pは第1アーム部材H1によって露光装置本体EXの基板ステージPSTにロードされる。基板ステージPSTに保持された基板Pは、液浸法により露光処理される(ステップS2)。

[0040] 基板P上に設定された複数のショット領域のそれぞれに対する液浸露光処理が終了した後、制御装置CONTは液体供給機構10による基板P上への液体供給を停止する。一方で、制御装置CONTは、液体供給機構10による液体供給動作を停止した後も所定時間だけ液体回収機構20の駆動を継続する。これにより、基板P上の液体LQは十分に回収される。

[0041] 露光後の基板Pは第2アーム部材H2によって基板ステージPSTよりアンロードされる。第2アーム部材H2は保持した基板Pを液体除去システム100の保持テーブルHTに向けて搬送する。

[0042] ここで、基板Pの表面や、基板Pの裏面のうち第2アーム部材H2に支持されている

以外の領域に液体LQが付着している可能性がある。ところが、図1に示すように、基板Pの搬送経路のうち、基板ステージPSTと保持テーブルHTとの間には、露光後の基板Pから落下した液体LQを回収する回収機構60が配置されているので、たとえ液体LQが付着した状態で基板Pを搬送しても、搬送経路上の周辺装置・部材への基板Pからの液体LQの付着・飛散を防止することができる。ここで、回収機構60は、図1に示すように、第2アーム部材H2の搬送経路の下に配置された樋部材61と、樋部材61を介して回収された液体LQを樋部材61より排出する液体吸引装置62とを備えている。樋部材61は第1チャンバ装置CH1内部に設けられ、液体吸引装置62は第1チャンバ装置CH1外部に設けられている。樋部材61と液体吸引装置62とは管路63を介して接続されており、管路63には、この管路63の流路を開閉するバルブ63Aが設けられている。

[0043] 露光後の液体LQが付着している基板Pを第2アーム部材H2で搬送している最中、基板Pから液体LQが落下する可能性があるが、その落下した液体LQは樋部材61で回収することができる。落下した液体LQを樋部材61で回収することで、搬送経路の周囲に液体LQが飛散する等の不都合を防止できる。そして、液体吸引装置62はチャンバ装置CH1内部に設けられた樋部材61上の液体LQを吸引することでチャンバ装置CH1外部に排出し、チャンバ装置CH1内部の樋部材61に液体LQが留まらないようにすることができ、チャンバ装置CH1内部に湿度変動(環境変動)が生じる不都合を防止することができる。ここで、液体吸引装置62は、樋部材61に回収された液体LQの吸引動作を連続的に行うことができるし、予め設定された所定期間においてのみ吸引動作を断続的に行うこともできる。吸引動作を連続的に行うことにより、樋部材61には液体LQが留まらないので、チャンバ装置CH1内部の湿度変動をより一層防止することができる。一方、例えば露光装置本体EXでの基板Pの露光中には、液体吸引装置62による吸引動作(排出動作)を行わず、露光以外の期間においてのみ吸引動作を行うことにより、吸引動作によって発生する振動が露光精度に影響を与えるといった不都合を防止することができる。

[0044] 露光処理後の基板Pが液体除去システム100の保持テーブルHTに搬送される前に、撮像装置80'の下に配置される。そして、撮像装置80'は、露光処理後の基板P

の表面に関する第2情報(撮像情報)を取得する(ステップS3)。

露光処理後の基板Pの表面に関する第2情報を取得した後、露光処理後の基板Pを保持した第2アーム部材H2は、カバー部材70の内部に開口部71より進入し、露光処理後の基板Pを保持テーブルHTに搬送する。

[0045] 制御装置CONTは、ステップS1で取得した撮像情報と、ステップS3で取得した撮像情報とを比較し、露光処理後の基板Pに液体が付着しているか否かを検出する(ステップS4)。

基板Pの表面に液体LQが付着しているときの撮像状態と付着していないときの撮像状態とは互いに異なるので、制御装置CONTは露光前の基板P表面の撮像情報と露光後の基板P表面の撮像情報とを比較することにより、液体LQが付着しているか否かを検出することができる。また、ステップS1の撮像時の基板Pの位置とステップS3の撮像時の基板Pの位置とが合致していれば、制御装置CONTは、基板Pに付着している液体(液滴)の位置に関する情報や、その液滴の大きさに関する情報も求めることができる。

[0046] なお、ステップS1の撮像時の基板Pの位置とステップS3の撮像時の基板Pの位置とが合致していなくとも、基板Pの周縁部には、基板Pの位置を検出するための切欠(オリエンテーションフラット又はノッチ)が形成されているため、制御装置CONTは、この切欠を基準にして、ステップS1の撮像情報とステップS3の撮像情報とをデータの上で一致させることが可能である。

[0047] 制御装置CONTは、検出した基板P上の液体LQの量が、予め設定されているしきい値以上かどうかを判断する。そして、制御装置CONTはその判断結果に基づいて、基板Pに付着した液体LQの除去動作を行うか否かを判定する(ステップS5)。

ステップS5においてしきい値以下であると判断した場合、制御装置CONTは液体除去動作は不要であると判断し、第4アーム部材H4などを使って保持テーブルHTから基板Pをインターフェース部IFを介して現像装置Dに搬送する。つまり、基板P上に付着している液体LQの量が僅か(しきい値以下)であってデバイス性能やプロセス処理(現像処理)に影響を与えない程度であれば、制御装置CONTは液体除去動作は不要であると判断する。これにより、基板Pに液体LQが付着していないにもかか

わらず液体除去システム100を使って再び液体除去動作を行うことを防止し、作業効率を向上することができる。なお上記しきい値は予め実験などによって求められ、制御装置CONTに記憶されている。

[0048] 一方、ステップS5においてしきい値以上であると判断した場合、制御装置CONTは液体除去システム100を作動させる。その際、制御装置CONTは、検出した液体情報に基づいて、液体LQが付着した基板Pに対する液体除去を行うための液体除去動作条件を設定する(ステップS6)。

ステップS4において、基板P上に付着している液体LQの量(液滴の大きさ)や位置情報が検出されているため、制御装置CONTは、例えば付着している液体LQの量(液滴の大きさ)に基づいて、吹付ノズル103より吹き付ける気体の流速(単位時間あたり吹き付ける気体量)や吹き付け時間を設定する。あるいは、基板Pに付着している液体LQの位置情報に基づいて、吹付ノズル103で気体を吹き付ける基板P上の位置を設定する。こうすることにより、例えば付着している液体量が少ない場合には、液体除去動作時間(気体吹き付け時間)を短時間に設定して作業時間を短縮でき、一方、付着している液体量が多い場合には、液体除去動作時間(気体吹き付け時間)を長時間に設定して液体LQを確実に除去することができる。

[0049] あるいは、基板Pのレジスト条件や液体LQの物性などを含む液体条件に応じて液体除去動作条件を設定してもよい。つまり、レジストや液体LQの物性に応じて、その液体LQを基板P上から吹き飛ばす容易さが変わる可能性があるため、例えば吹き飛ばしやすい条件の場合には気体を吹き付ける時間を短縮し、一方吹き飛ばし難い条件の場合には気体を吹き付ける時間を長くしたり吹き付ける気体の流速を高めたりするといったことが可能である。

[0050] また、複数の基板Pに関する液体検出結果の履歴を求め、その履歴情報に基づいて、液体除去動作条件を設定してもよい。すなわち、上述したように、レジスト条件や液体条件に応じて液体LQを除去する容易さが変わる可能性があるため、レジスト条件や液体条件に対応して基板P上に残存する液体量の履歴を求めることにより、その求めた結果に基づいて最適は液体除去動作条件を設定することができる。

[0051] 制御装置CONTは、液体除去動作条件を設定した後、基板Pに吹付ノズル103よ

り気体を吹き付けて付着している液体LQを除去する(ステップS7)。

[0052] そして、液体除去動作を行った後、制御装置CONTは、第4アーム部材H4などを使って基板Pを再び撮像装置80'の撮像領域内に搬送し、撮像装置80'によって基板Pの表面を撮像する。そして、付着している液体LQがしきい値以下となるまで上記処理を繰り返す。

[0053] 以上説明したように、液浸露光後の基板Pを搬送するときに、基板Pに付着した液体LQを撮像装置80'を使って検出することで、例えば基板Pに液体LQが付着している場合には液体除去システム100で液体除去を行った後、その基板Pを現像装置Dなどの所定のプロセス装置に送ることができる。したがって、その現像処理などを液体LQの影響を受けずに行うことができ、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。また、液体検出結果に基づいて、基板Pに液体LQが付着していないと検出された場合には液体除去動作を省略することができ、作業効率を向上できる。また、液体除去動作を行った後に再度基板P上の液体検出を行うことで、液体除去が良好に行われたかどうかを検出することができる。また、液体検出結果に基づいて液体除去動作を行うことにより、搬送される基板Pから液体LQが搬送経路上に落下する等の不都合の発生を防止することができる。また、搬送システムHのアーム部材が基板Pを真空吸着保持する構成である場合、基板Pに付着した液体LQを除去することで、真空系に液体LQが浸入してその真空系が故障するなどの不都合の発生を防止することができる。

[0054] また、本実施形態では1つの基板Pに対して露光前の表面情報と、露光後且つ現像前の表面情報とを比較する構成であるため、基板Pに付着した液体情報を精度良く求めることができる。

[0055] なお、撮像装置80'は、基板ステージPSTと保持テーブルHTとの間における露光処理後の基板Pの搬送経路の上方であれば、基板ステージPST近傍、あるいは液体除去システム100の近傍に設けてもよい。また、基板ステージPSTと保持テーブルHTとの間の搬送経路上に、撮像装置80を移動可能に設けることによって、撮像装置80'を省くことも可能である。更に、撮像装置80'をカバー部材70の内部に設ける構成であってもよい。

- [0056] なお、基板P表面に付着した液体LQを検出するために、露光前の基板P表面に検出光を照射してその基板P表面で反射した検出光を撮像装置や所定の受光器で受光して基板P表面の第1の光反射率情報を求め、露光後の基板P表面に前記検出光を照射してその基板P表面で反射した検出光を受光して基板P表面の第2の光反射率情報を求め、第1、第2の光反射率情報に基づいて、基板Pに液体LQが付着しているかどうかを検出することもできる。液体LQの光反射率と基板P表面(レジスト)の光反射率とは互いに異なるため、液体LQが付着している場合と付着していない場合とでは基板P表面の光反射率は互いに異なる。したがって、前記第1、第2の光反射率情報を求めることで、液体LQを検出することができる。なお、第2の光反射率情報は、露光後の基板P表面の光反射率情報と液体LQの光反射率情報とを含む。
- [0057] なお、1つの基板Pの露光前の基板P表面の光反射率情報を検出した後、露光後の基板P表面の光反射率情報を検出する構成の他に、例えば液体LQが付着した状態での基板P表面の光反射率情報と、付着していない状態での基板Pの光反射率情報とを例えば実験やシミュレーションによって予め求めて制御装置CONTに記憶しておき、露光後の基板P表面の光反射率を検出した検出結果と、前記記憶情報とに基づいて、液体LQが付着しているかどうかを判定してもよい。
- [0058] なお、基板Pの表面を撮像装置で撮像し、その撮像結果をモニタに出力してオペレータにより液体LQが付着しているかどうかを判断するようにしてもよい。あるいは、基板Pに光(単色光)を照射し、その基板Pを撮像して得られた画像を画像処理し、その画像処理結果に基づいて液体LQが付着しているかどうかを判断してもよい。また、撮像装置で撮像する前に、基板Pを傾斜させたり、回転させたりしてもよい。
- [0059] なお本実施形態では、基板Pの表面(露光面)に液体LQが付着しているかどうかを検出しているが、アーム部材等の所定の支持部材に対する被支持面である基板Pの裏面に液体が付着しているかどうかを検出することもできる。そして、その検出結果に基づいて、基板Pの裏面に付着している液体除去作業を行うことができる。
- [0060] 図7及び図8は液体検出器の別の実施形態を示す図であって、図7は側面図、図8は平面図である。

液体検出器90は、基板Pの表面に付着している液体LQを光学的に検出するもの

であって、露光後の基板Pの表面に対して検出光を照射する照射系91と、基板Pの表面で反射した検出光を受光する受光系92とを備えている。なおここでは、基板Pをプリアライメント部PALで保持した状態でその基板Pに検出光を照射するが、基板Pの搬送経路のうちプリアライメント部PALとは別の位置に設けられた所定の保持部材に保持した状態で検出光を照射してもよい。

[0061] 照射系91は検出光を基板Pの表面に対して傾斜方向から照射する。照射系91は、所定方向(ここではY軸方向)に並ぶ複数の照射部91Aを有しており、照射部91Aのそれぞれから基板Pに対して検出光が照射される。複数の照射部91Aから照射される検出光の基板P表面に対する入射角度はそれぞれ同じ角度に設定されている。受光系92は、照射系91の照射部91Aに対応する複数の受光部92Aを有している。照射部91Aのそれぞれから投射された検出光は、基板P上に液体LQがなければ基板Pの表面で反射し、受光部92Aに受光される。

[0062] また、受光系92は、照射系91からの検出光が直接入射しない位置に配置された受光部92B、92Cを有しており、照射系91からの検出光が基板P表面の液体LQに当たって反射する散乱光は、その受光部92B、92Cで受光される。なお、液体検出器90を用いて、基板Pの表面の液体LQを検出する場合には、液体検出器90と基板Pとを相対的に移動させて基板Pの表面に検出光を照射してもよい。

[0063] 例えば、図9Aに示すように、検出光がスポット光であってその光束の径がD1である場合、検出光を基板Pに対して傾斜方向から投射することにより、基板P上における検出光は、図9Bに示すように、X軸方向(走査方向)を長手方向とする楕円状となる。検出光の基板P上における楕円状の検出領域の長手方向の大きさD2は上記径D1より大きい。すなわち、例えば検出光を基板Pの表面に対して垂直方向から照射した場合は検出光の検出領域のX軸方向における大きさはD1となるが、傾斜方向から検出光を照射することで、X軸方向においてD1より大きいD2の検出領域で液体LQの液滴を検出することができる。したがって、液体検出器90と基板Pとを相対的に移動させて、基板P上の液体LQの液滴を検出する際、液滴は径D1の検出領域に比べてより広い検出領域で検出されることになり、液体検出器90は液滴の検出精度を向上することができる。なお、ここでは検出光をスポット光として説明したが、検出光が

スリット光であっても同様の効果が得られる。

[0064] 照射系91から基板Pに照射された検出光は基板P表面に照射される。ここで、基板Pの表面に液体LQが存在(付着)している場合、液体LQに照射された検出光は散乱する。液体LQに照射された検出光の一部が散乱することで、通常では検出されない強い光が受光部92B、92Cに入射し、この検出光に対応する受光部92Aに受光される光強度が低下する。受光部92A、92B、92Cの検出結果は制御装置CONTに出力され、制御装置CONTはこの受光系92で検出される光の強度に基づいて、基板P表面に液体LQが付着しているかどうかを検出することができる。

[0065] ここで、制御装置CONTは、受光部92B、92Cで検出される光の強度に基づいて液体LQ(液滴)の大きさや量を求めることができる。例えば、液滴の大きさに応じて散乱する光の角度が変化するので、制御装置CONTは、受光部92B、92Cの検出結果に基づいて、液体LQ(液滴)からの散乱光の方向を求めることにより、液体LQ(液滴)の大きさを求めることができる。更に、受光した光の強度を検出することで基板P表面の単位面積当たりの液体LQ(液滴)の量を求めることもできる。

[0066] このとき、基板Pを保持するプリアライメント部PALの保持部材と、液体検出器90とのXY方向の相対位置を検出する位置検出装置を設けることにより、前記位置検出装置の検出結果に基づいて、その基板Pの位置が特定される。また、液体LQ(液滴)に照射された検出光を受光した受光部92AのY軸方向における位置関係が設計値に基づいて特定される。したがって、制御装置CONTは、前記位置検出装置の検出結果及び受光する光の強度が低下した受光部92Aの設置位置に関する情報に基づいて、基板P上において液体LQ(液滴)が存在する位置を特定することができる。

[0067] なお基板Pに照射する検出光としては、レジストを感光させない波長を有する光であって、紫外光、可視光、及び赤外光などを使用することができる。赤外光を使用する場合、液体(水)は赤外光を吸収するため、赤外光を用いることにより、受光系92での受光状態が大きく変化するため、液体LQが付着しているかどうかを高精度に検出することができる。

[0068] 上述したように、本実施形態における液体LQは純水により構成されている。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、基板P上のフォトリジストや

光学素子(レンズ)等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板Pの表面、及び投影光学系PLの先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も期待できる。

- [0069] そして、波長が193nm程度の露光光ELに対する純水(水)の屈折率 n はほぼ1.44と言われており、露光光ELの光源としてArFエキシマレーザ光(波長193nm)を用いた場合、基板P上では $1/n$ 、すなわち約134nmに短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約 n 倍、すなわち約1.44倍に拡大されるため、空気中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系PLの開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。
- [0070] 本実施形態では、投影光学系PLの先端にレンズ2が取り付けられているが、投影光学系PLの先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系PLの光学特性、例えば収差(球面収差、コマ収差等)の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光ELを透過可能な平行平板であってもよい。
- [0071] なお、液体LQの流れによって生じる投影光学系PLの先端の光学素子と基板Pとの間の圧力が大きい場合には、その光学素子を交換可能とするのではなく、その圧力によって光学素子が動かないように堅固に固定してもよい。
- [0072] なお、本実施形態では、投影光学系PLと基板P表面との間は液体LQで満たされている構成であるが、例えば基板Pの表面に平行平板からなるカバーガラスを取り付けた状態で液体LQを満たす構成であってもよい。
- [0073] なお、本実施形態の液体LQは水であるが、水以外の液体であってもよい。例えば、露光光ELの光源が F_2 レーザである場合、この F_2 レーザ光は水を透過しないので、液体LQとしては F_2 レーザ光を透過可能な例えば、過フッ化ポリエーテル(PFPE)やフッ素系オイル等のフッ素系流体であってもよい。また、液体LQとしては、その他にも、露光光ELに対する透過性がある程度だけ屈折率が高く、投影光学系PLや基板P表面に塗布されているフォトリソに対して安定なもの(例えばセダー油)を用いることも可能である。
- [0074] なお、上記各実施形態の基板Pとしては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハ

のみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版(合成石英、シリコンウエハ)等が適用される。

[0075] また、上述の実施形態においては、投影光学系PLと基板Pとの間を局所的に液体で満たす露光装置を採用しているが、特開平6-124873号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置や、特開平10-303114号公報に開示されているようなステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する液浸露光装置にも本発明を適用可能である。

[0076] 露光装置(露光装置本体)EXとしては、マスクMと基板Pとを同期移動してマスクMのパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置(スキャニングステッパ)の他に、マスクMと基板Pとを静止した状態でマスクMのパターンを一括露光し、基板Pを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置(ステッパ)にも適用することができる。また、本発明は基板P上で少なくとも2つのパターンを部分的に重ねて転写するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。

[0077] 露光装置EXの種類としては、基板Pに半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子(CCD)あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

[0078] 基板ステージPSTやマスクステージMSTにリニアモータ(USP5,623,853またはUSP5,528,118参照)を用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。また、各ステージPST、MSTは、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイドを設けないガイドレスタイプであってもよい。

[0079] 各ステージPST、MSTの駆動機構としては、二次元に磁石を配置した磁石ユニットと、二次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力により各ステージPST、MSTを駆動する平面モータを用いてもよい。この場合、磁石ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージPST、MSTに接続し、磁石ユニットと電機子ユ

ニットとその他方をステージPST、MSTの移動面側に設ければよい。

[0080] 基板ステージPSTの移動により発生する反力は、投影光学系PLに伝わらないように、特開平8-166475号公報(USP5,528,118)に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床(大地)に逃がしてもよい。マスクステージMSTの移動により発生する反力は、投影光学系PLに伝わらないように、特開平8-330224号公報(US S/N 08/416,558)に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床(大地)に逃がしてもよい。

[0081] 以上のように、本願実施形態の露光装置EXは、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

[0082] 半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図10に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたマスク(レチクル)を製作するステップ202、デバイスの基材である基板を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置EXによりマスクのパターンを基板に露光する露光処理ステップ204、デバイス組み立てステップ(ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む)205、検査ステップ206等を経て製造される。

請求の範囲

- [1] 投影光学系と液体とを介したパターンの像によって露光された基板を搬送する基板搬送装置において、
前記基板に付着した前記液体を検出する液体検出器を備えたことを特徴とする基板搬送装置。
- [2] 前記液体検出器の検出結果に基づいて、前記基板に付着した液体を除去するかどうかを判定する判定装置を有することを特徴とする請求項1記載の基板搬送装置。
- [3] 前記判定装置の判定結果に基づいて、前記基板に付着した液体を除去する除去装置を有することを特徴とする請求項2記載の基板搬送装置。
- [4] 前記除去装置は、前記液体検出器の検出結果に基づいて、前記基板に付着した液体を除去する除去条件を設定することを特徴とする請求項3記載の基板搬送装置。
- [5] 前記除去条件は、前記液体を除去するために必要な時間を含むことを特徴とする請求項4記載の基板搬送装置。
- [6] 前記液体検出器は、前記基板の露光前における基板表面に関する第1情報と、前記基板の露光後における基板表面に関する第2情報とを比較して、前記液体を検出することを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか一項記載の基板搬送装置。
- [7] 前記第1情報は、前記基板の露光前における前記基板表面を撮像した撮像情報であり、前記第2情報は、前記基板の露光後における前記基板表面を撮像した撮像情報であることを特徴とする請求項6記載の基板搬送装置。
- [8] 前記第1情報は前記基板表面の反射率情報を含み、前記第2情報は前記基板表面の反射率情報と前記液体の反射率情報とを含むことを特徴とする請求項6又は7記載の基板搬送装置。
- [9] 前記液体検出器は、前記基板の露光後における前記基板表面に対して検出光を照射する照射部と、前記基板表面で反射した前記検出光を受光する受光部とを有することを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか一項記載の基板搬送装置。
- [10] 基板ステージに保持された基板に、投影光学系と液体とを介してパターンの像を投影して、前記基板を露光する露光装置において、

請求項1から請求項9のいずれか一項記載の基板搬送装置を用いて、前記基板ステージから前記基板を搬送することを特徴とする露光装置。

- [11] 投影光学系と液体とを介したパターンの像によって露光された基板を搬送する基板搬送方法において、

前記基板の搬送経路の途中で、前記基板に付着した前記液体を検出することを特徴とする基板搬送方法。

- [12] 前記液体の検出結果に基づいて、前記基板に付着した液体を除去するか否かを判定することを特徴とする請求項11記載の基板搬送方法。

- [13] 前記判定結果に基づいて、前記基板に付着した液体を除去することを特徴とする請求項12記載の基板搬送方法。

- [14] 前記液体の検出結果に基づいて、前記基板に付着した液体を除去する除去条件を設定することを特徴とする請求項13記載の基板搬送方法。

- [15] 前記液体の検出は、前記基板の露光前における前記基板表面と前記基板の露光後における前記基板表面とを比較して行うことを特徴とする請求項11から請求項14のいずれか一項記載の基板搬送方法。

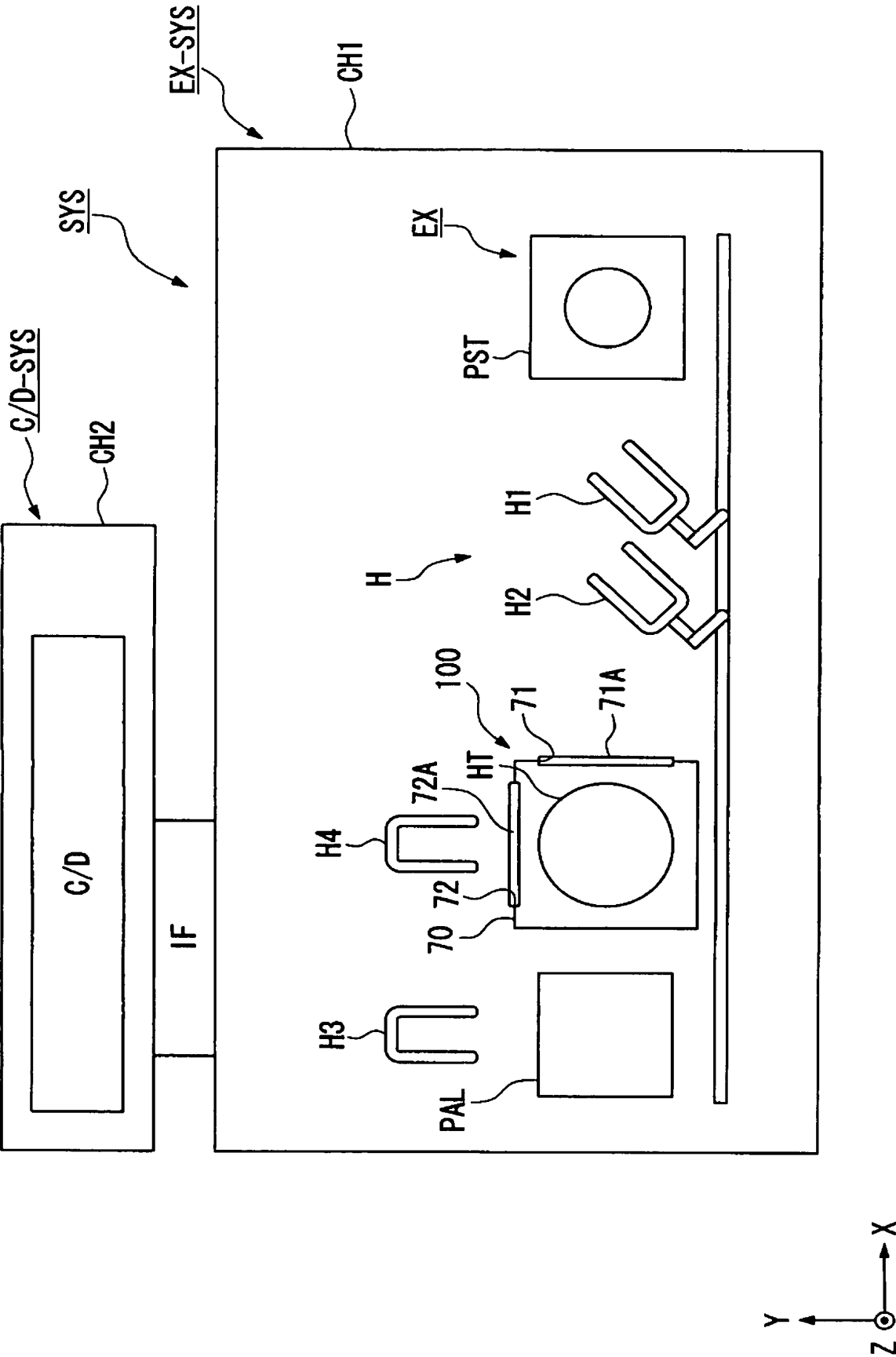
- [16] 前記液体の検出は、前記基板の露光後における前記基板表面に対して検出光を照射するとともに、前記基板表面で反射した前記検出光を受光し、前記受光結果に基づいて行うことを特徴とする請求項11から請求項15のいずれか一項記載の基板搬送方法。

- [17] 基板ステージに保持された基板に、投影光学系と液体とを介してパターンの像を投影して、前記基板を露光する露光方法において、

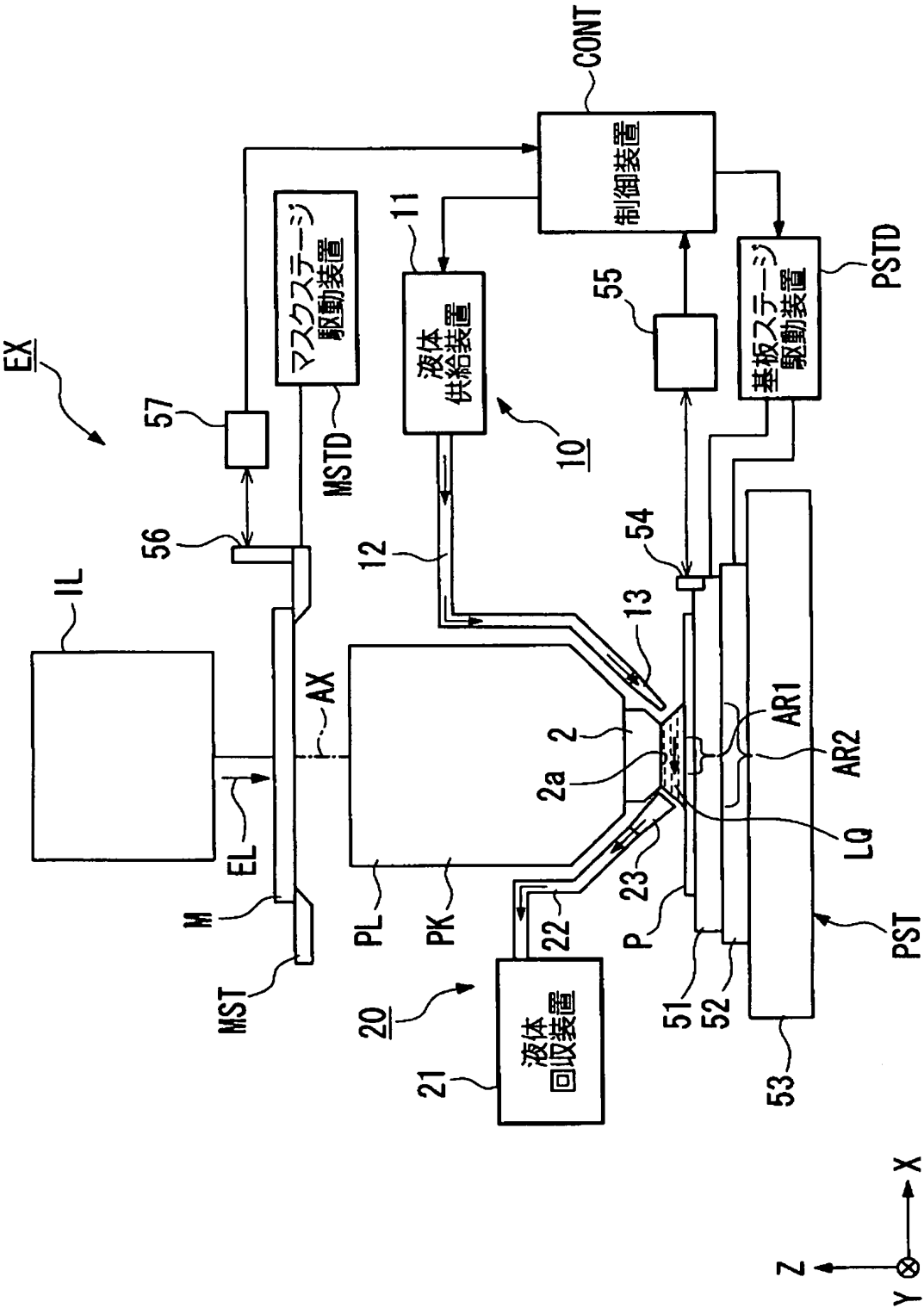
請求項11から請求項16のいずれか一項記載の基板搬送方法を用いて、前記基板ステージから前記基板を搬送する工程を有することを特徴とする露光方法。

- [18] 請求項17記載の露光方法を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

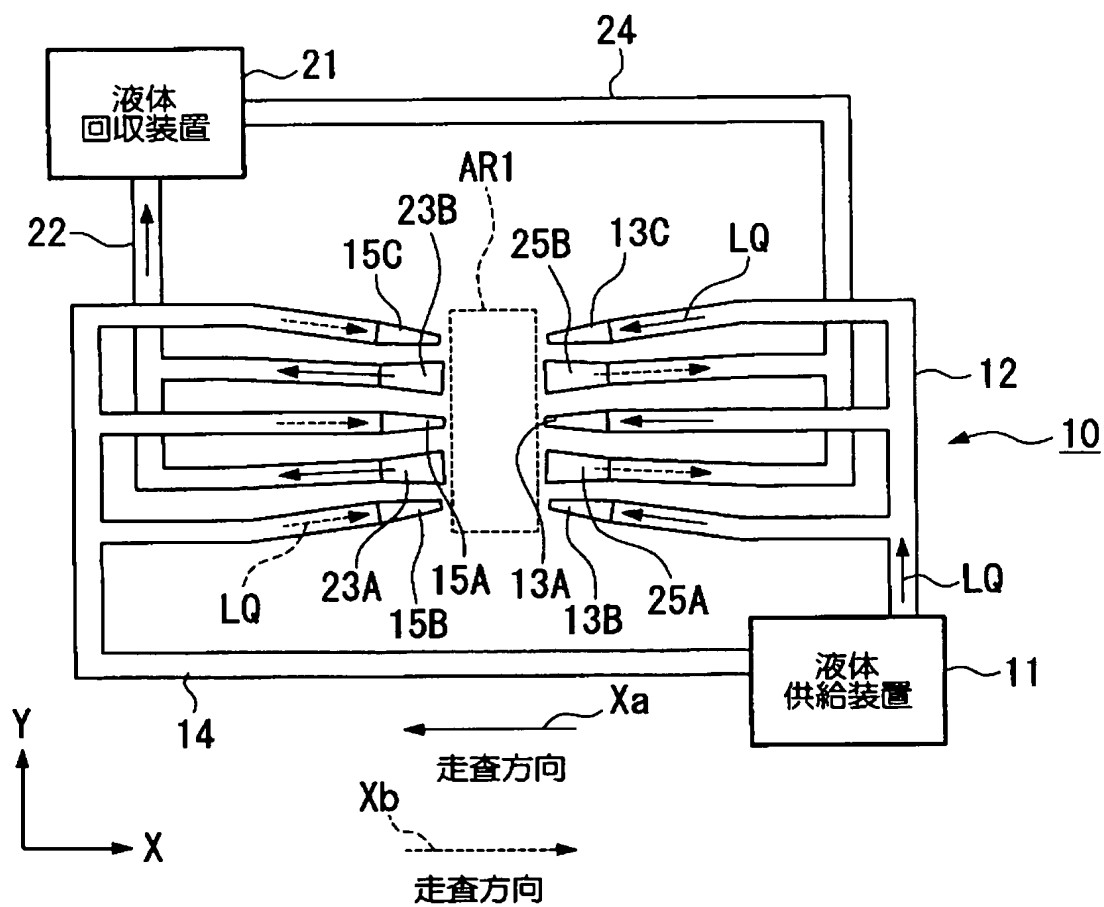
[図2]



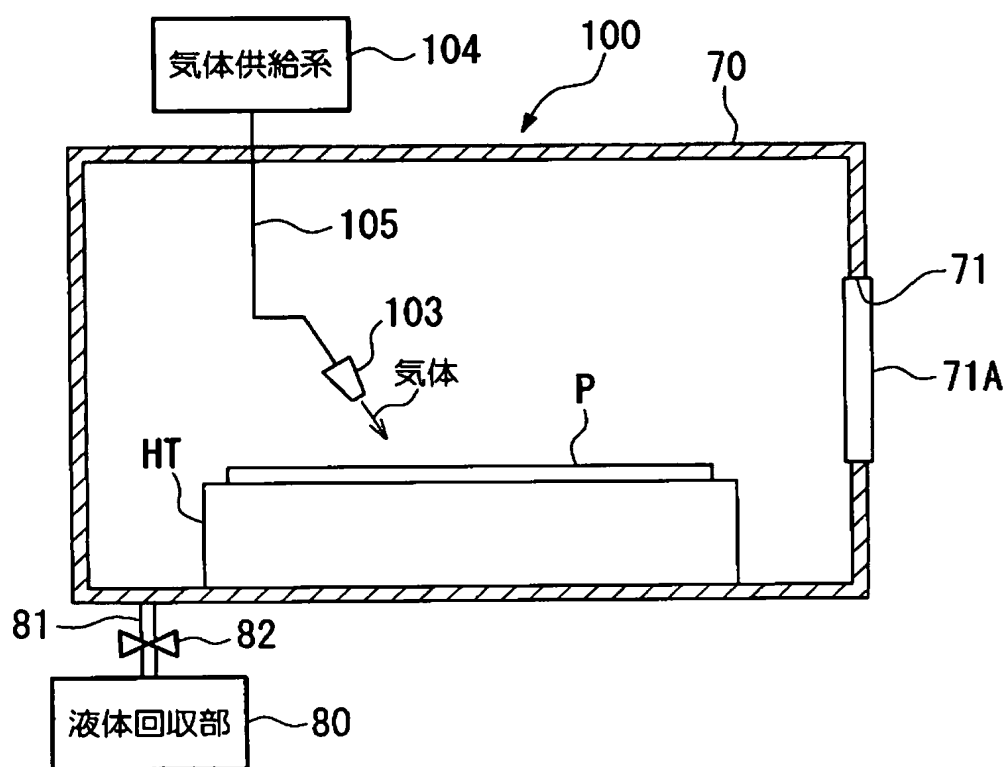
[図3]



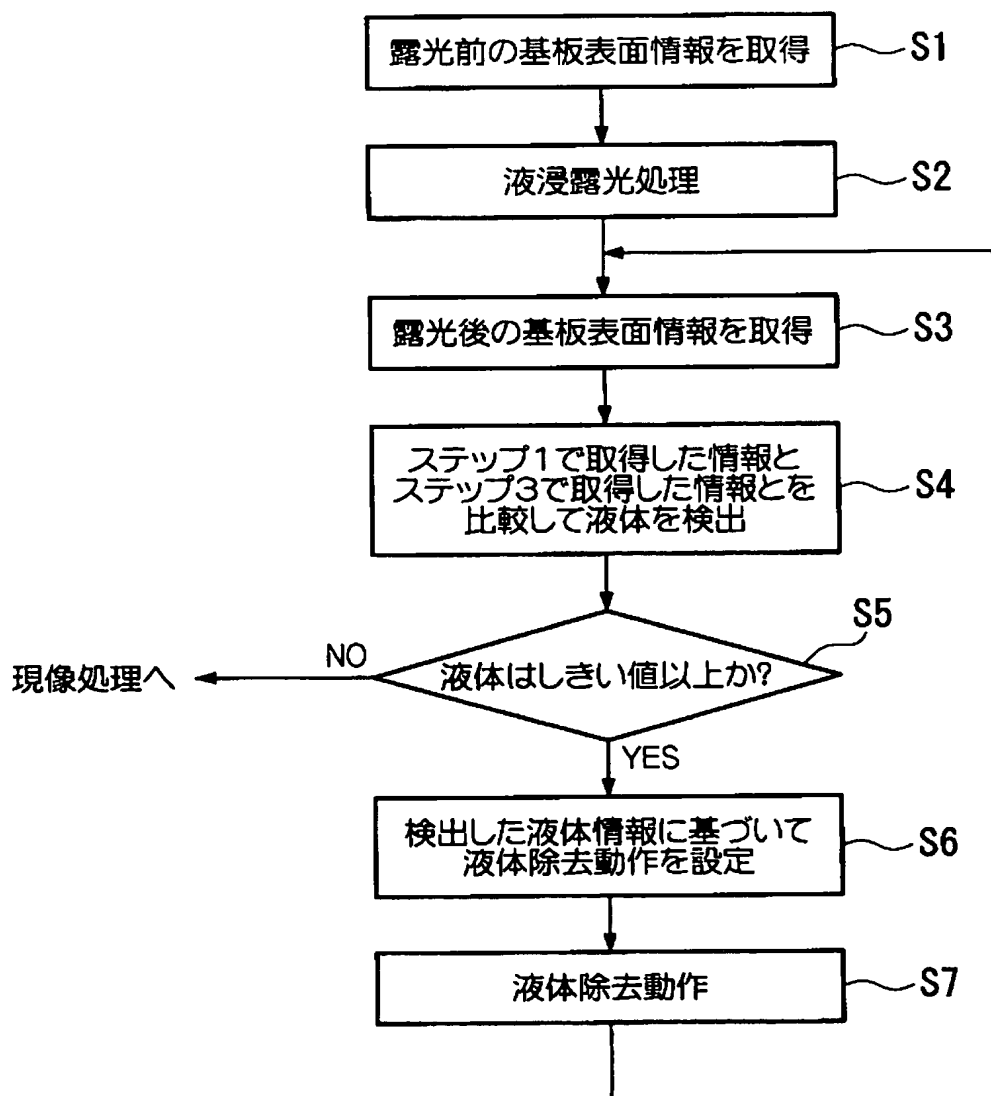
[図4]



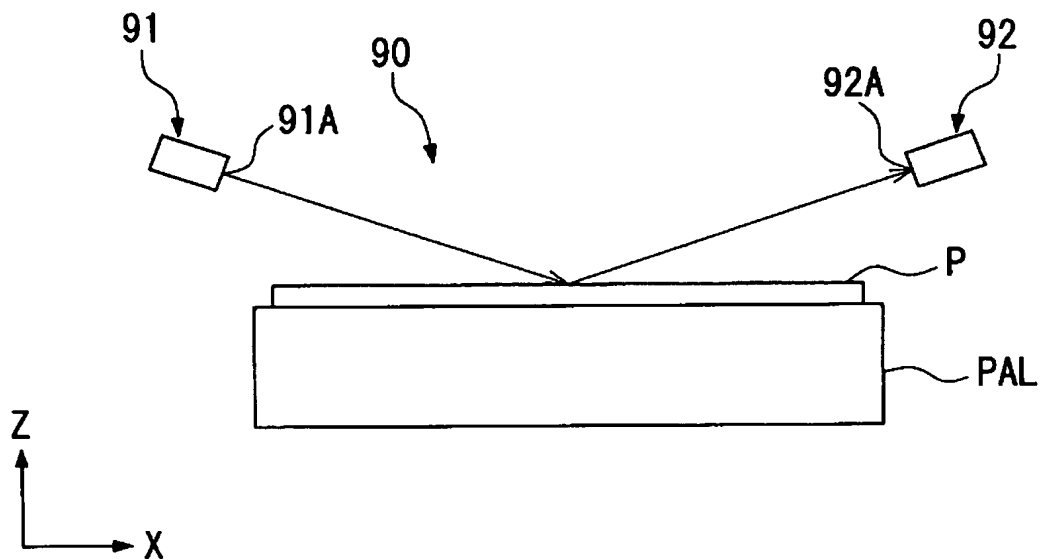
[図5]



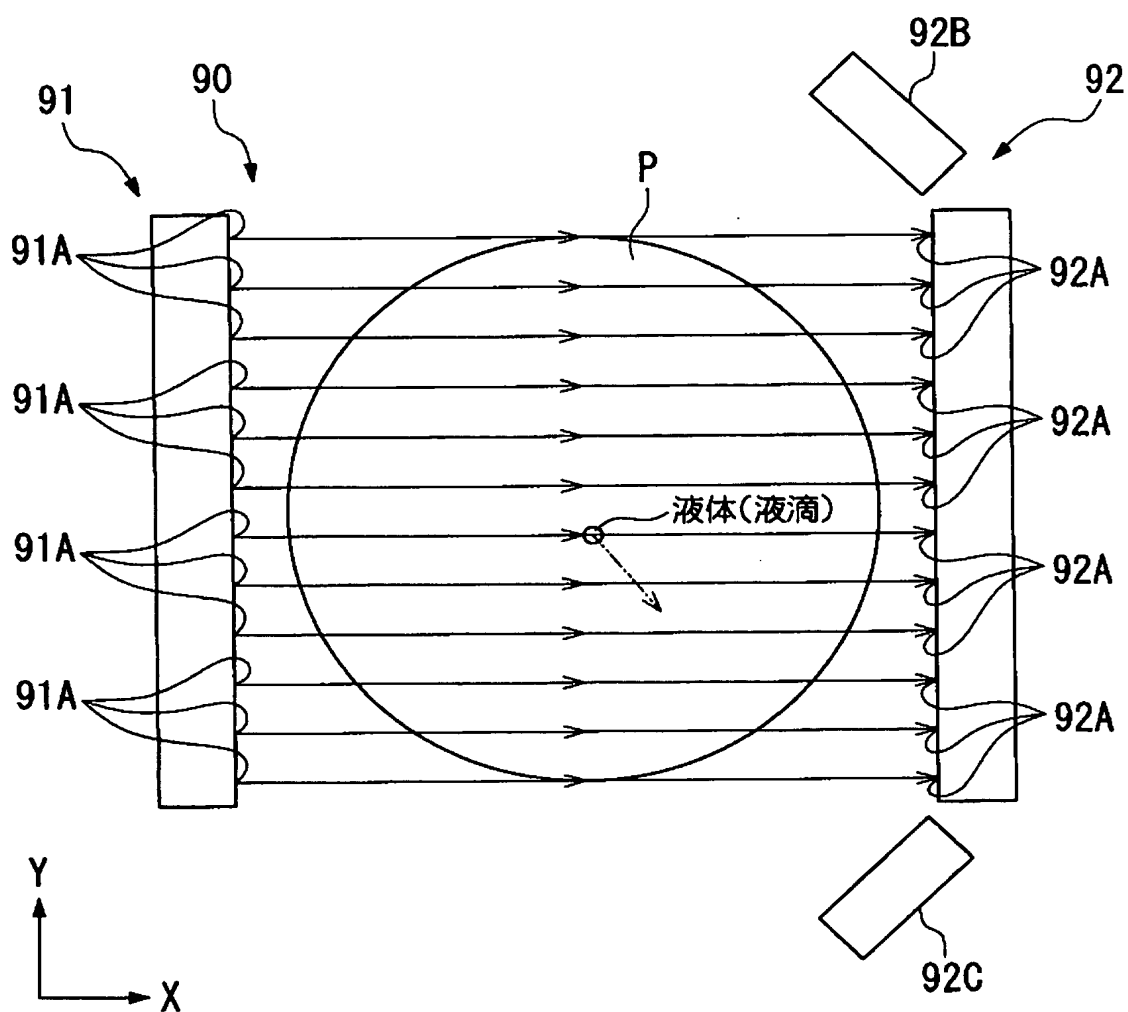
[図6]



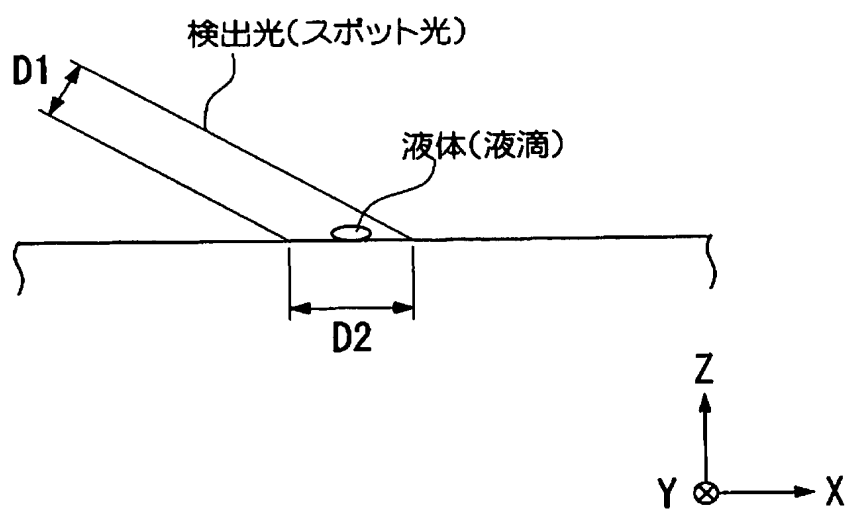
[図7]



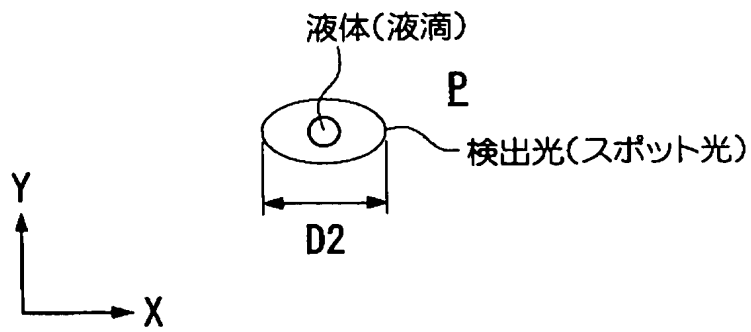
[図8]



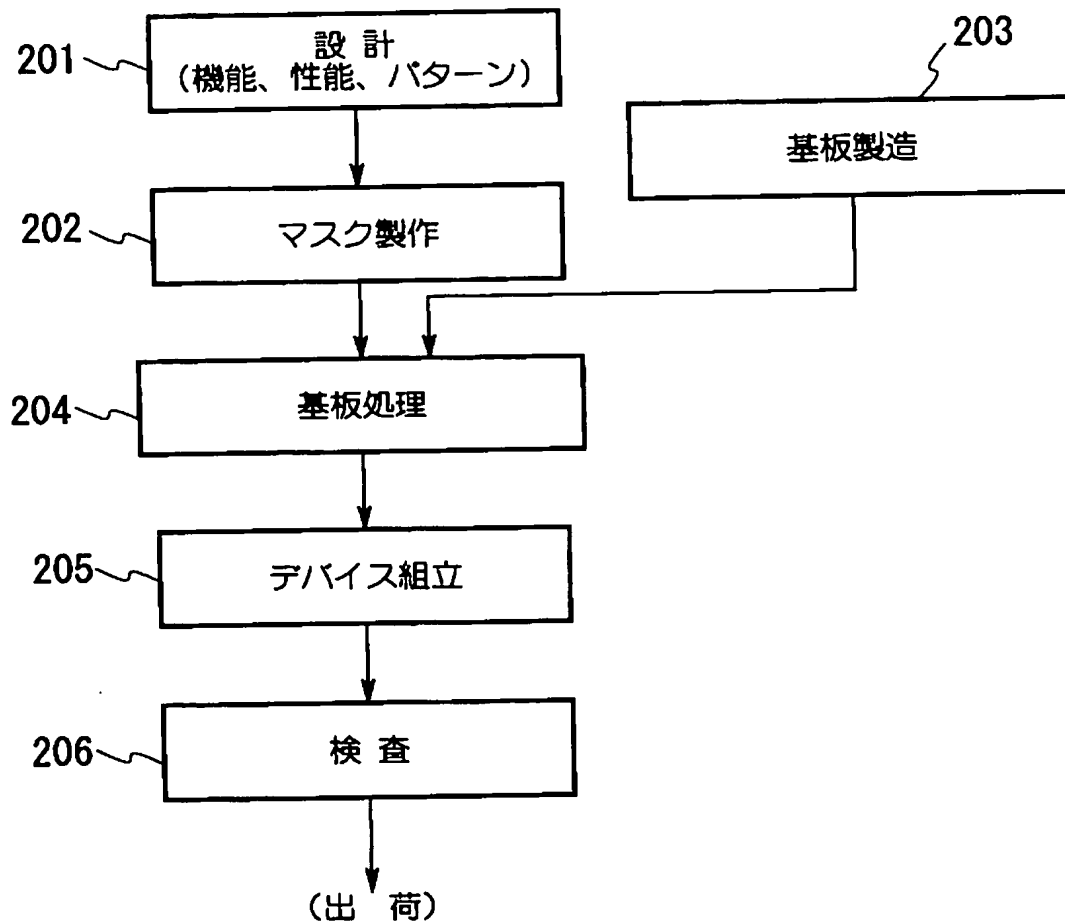
[図9A]



[図9B]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/014855

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 6-124873 A (Canon Inc.), 06 May, 1994 (06.05.94), Par. Nos. [0014] to [0025]; Figs. 1, 11 (Family: none)	1-3, 9-13, 16-18 4-8, 14, 15
Y	JP 63-73628 A (Dainippon Screen Mfg. Co.,) Ltd.), 04 April, 1988 (04.04.88), Full text; Fig. 2 (Family: none)	1-3, 9-13, 16-18
Y A	JP 6-168866 A (Canon Inc.), 14 June, 1994 (14.06.94), Par. Nos. [0020] to [0033]; Figs. 1, 4, 5 & EP 605103 A1 & US 5610683 A	1-3, 9-13, 16-18 4-8, 14, 15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 December, 2004 (13.12.04)Date of mailing of the international search report
11 January, 2005 (11.01.05)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 6-124873 A (キヤノン株式会社) 1994.05.06	1-3, 9-13, 16-18
A	【0014】-【0025】, 図1, 11 (ファミリーなし)	4-8, 14, 15
Y	J P 63-73628 A (大日本スクリーン製造株式会社) 1988.04.04 全文, 第2図 (ファミリーなし)	1-3, 9-13, 16-18

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13.12.2004

国際調査報告の発送日

11.1.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 多田 達也

2M 3011

電話番号 03-3581-1101 内線 3274

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 6-168866 A (キヤノン株式会社) 1994.06.14 【0020】-【0033】, 図1, 4, 5	1-3, 9-13, 16-18
A	& EP 605103 A1 & US 5610683 A	4-8, 14, 15